

процессов в газоразрядной плазме. — Алма-Ата: Наука, 1988. — 208 с.

2. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б. Айзенберга. — М.: Энергоатомиздат, 1995. — 525 с.

3. РТМ 16800, 721-79. Методы расчета схем ПРА для газоразрядных ламп. Введен с 01.03.80. — М., 1979. — 134 с.

Получено 08.08.2001

УДК 621.3 : 628.5

**И.В. КАПУСНИК**

*Государственное управление экологии и природных ресурсов в Харьковской области*

**А.И. МАЛЕЕВ**

*Харьковская государственная академия городского хозяйства*

**В.Д. СПИВАКОВ**

*Научно-производственное предприятие ООО "Эко", г. Харьков*

**В.А. ПОДОЙНИЦЫН**

*Государственный департамент СФД МЧС Украины, г. Харьков*

## **ПЕРЕРАБОТКА ВЫШЕДШИХ ИЗ СТРОЯ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ЛАМП**

Рассматривается проблема утилизации люминесцентных ламп, находившихся в эксплуатации. Приведены данные о существующих установках утилизации, предложена перспективная установка, использующая процессы замкнутого цикла.

Проблема обращения с токсичными отходами в Украине является сейчас очень актуальной. Согласно официальным данным, количество накопленных токсичных отходов оценивается в 4,4 млрд. т, причем ежегодно оно увеличивается на 100 млн. т [1]. По объему образования доминируют отходы, содержащие тяжелые металлы. Отдельную группу особо опасных отходов составляют вышедшие из строя люминесцентные лампы (ЛЛ), каждая из которых содержит в среднем 120 мг ртути. Пары ртути чрезвычайно токсичны ( $\text{ПДК}_{\text{Hg}} = 0,01 \text{ мг/м}^3$ ), поэтому каждая разбитая лампа способна отравить  $12000 \text{ м}^3$  воздуха, что примерно соответствует общему объему помещений современной школы или крупного магазина. В связи с этим эффективное использование вышедших из строя люминесцентных ламп (и других ртутьсодержащих приборов, например, термометров) стало большой проблемой как у нас в стране, так и за рубежом. Прежде всего следует решить сложную экологическую задачу: полностью исключить попадание ртути в окружающую среду. При разбивании ЛЛ ртуть растекается по земле мелкими каплями и активно испаряется, заражая почву, воздушную и водную среду. Дожди, снег, ветры, водные потоки разносят ее на большие расстояния. При этом следует иметь в виду, что даже при

допустимой концентрации паров ртути в воздухе не исключается ртутное отравление людей (заболевания печени, нервной системы, стоматит и др.). Это объясняется различной восприимчивостью людей к воздействию ртути. Отравления встречались и при длительном воздействии на человека значительно меньших концентраций, чем предусмотрено нормами (микромеркуриализм).

Кроме экологической задачи демеркуризация имеет и экономический аспект: ртуть и другие находящиеся в ЛЛ металлы относятся к дефицитным дорогостоящим материалам.

Впервые попытка решения задачи демеркуризации ЛЛ была сделана при утилизации забракованных ламп. На Московском электроламповом заводе была создана установка для дробления стекла ламп с отмывкой их водой на вибрационных ситах. При этом стекло и металлические части отмывались от ртути, которая стекала в расположенные под ситами отстойники [2]. Однако исследования показали, что при водной отмывке часть ртути остается в воде, в результате чего возникает дополнительная проблема очистки промывных вод.

Позже Всесоюзный научно-исследовательский институт вторичных материальных ресурсов (ВНИИВМР) разработал герметизированные установки термической демеркуризации [3]. В герметичных условиях лампы перемалывают и нагревают в печи до 500-560 °С при пониженном давлении. Пары ртути поглощаются ионообменными смолами или активированным углем. Отработанный сорбент направляют для регенерации на ртутный комбинат. Установка позволяет перерабатывать 700-760 тыс. ЛЛ в год, при этом используется 340 кг сорбента и извлекается 64 кг ртути. Степень извлечения ртути достигает 99,99% [6].

#### Технические данные установки:

время выхода печи на рабочий режим, ч	8
время технологического охлаждения, ч	22
производительность, ламп/ч	82
температура в печи, °С	550
установочная мощность, кВт	20
плановая калькуляция демеркуризации, \$ US	0,5
габаритные размеры, мм	5830x2700x380

Преимущества установок ВНИИВМР следующие:

- герметичность, улучшающая условия труда обслуживающего персонала;
- более полная очистка стеклобоя от ртути (при водной отмывке на стекле остается около  $3 \cdot 10^{-4}$  %, а при термообработке – около

$10^{-7}\%$  ртути). Высокая очистка стеклобоя позволяет использовать его для дорожных покрытий, что дает заметный экономический эффект;

- исключение попадания ртути в сточные воды (при водной отмывке содержание ртути в промывных водах может достигать 0,82%);
- отсутствие в ртути, собираемой после обработки стеклобоя, мелкого стекла (стекольной пыли). Это дает возможность повторно использовать ртуть.

Было предложено оснастить заводы, производящие лампы, описанными выше установками и использовать их для демеркуризации ЛЛ, вышедших из строя у потребителей. Для этого намечалось создать в городах пункты сбора таких ламп, оборудованные специальными установками [4, 5]. Однако в связи с высокой стоимостью установок демеркуризации и большими эксплуатационными затратами они не нашли широкого применения, поэтому возникла необходимость существенного упрощения технологии демеркуризации. С этой целью на пунктах сбора было решено разбивать ЛЛ в более дешевых установках и в специальных контейнерах отправлять стеклобой на ртутный комбинат для демеркуризации.

В Украине единственным предприятием, где производится демеркуризация, является Никитовский ртутный комбинат, который не может решить проблему утилизации ЛЛ для всех регионов. Поэтому проблема утилизации люминесцентных ламп особо указана в Законе Украины "Про загальнодержавну програму поводження з токсичними відходами" [1]. Эта проблема требует решения целого ряда вопросов, касающихся разработки комплексной безотходной технологии переработки люминесцентных ламп, создания и испытания пилотной установки, организации системы сбора, хранения и транспортировки ламп к месту переработки. Для хранения и транспортировки нужно создать специальные сменные контейнеры, позволяющие исключить бой ЛЛ.

Существующие отечественные и зарубежные способы переработки ЛЛ основаны, как правило, на использовании принципа термодиффузии паров ртути. В связи с этим они требуют сложного оборудования (создание вакуума, охлаждение сборников ртути жидким азотом или углекислотой), надежной защиты окружающей среды от загрязнения при нарушении технологии, высококвалифицированного обслуживающего персонала, дорогие и сложные в эксплуатации.

В настоящее время в Харькове разрабатывается установка для демеркуризации ЛЛ, использующая новую технологию, имеющую все преимущества вышеуказанных способов и в то же время свободную от

большинства их недостатков. Технология является безотходной, так как в ее основе лежат принципы замкнутого цикла. Суть ее заключается в том, что демеркуризация ламп производится в герметизированной термической камере, как и в установках ВНИИВМР, но удаление паров ртути осуществляется водоструйным насосом. Для ускорения процесса и повышения степени демеркуризации в термокамеру периодически вводят водяной пар, который вытесняет из нее пары ртути и в дальнейшем конденсируется в водоструйном насосе. Таким образом, до минимума сокращается объем выбрасываемых в атмосферу неконденсированных газов, которые необходимо очищать от паров ртути. Вода, применяемая в технологическом процессе и вступающая в непосредственный контакт с парами ртути, используется многократно в замкнутом цикле и не является источником загрязнения окружающей среды. Установка не содержит сложного оборудования, проста в изготовлении и эксплуатации, экологически безопасна и не нуждается в привлечении высококвалифицированного персонала, благодаря чему стоимость демеркуризации ЛЛ значительно уменьшается.

После удаления ртути до безопасного уровня (меньше ПДК) остатки ламп подвергают измельчению, например, в барабанной мельнице. Измельченное стекло отделяют на сите или грохоте и упаковывают в мешки или контейнеры. Металлические части ламп сдают как лом цветных металлов. Собранную ртуть отправляют в специальных контейнерах на заводы, добывающие металлическую ртуть из минералов или использующие ее для производства различных ртутьсодержащих приборов. За исключением ртути все потенциально опасные химические элементы, содержащиеся в ЛЛ (P, Cl, F, Mn, Sb), находятся в химически связанном водонерастворимом состоянии и в обычных условиях не представляют экологической опасности [7]. Побочный продукт переработки ЛЛ – порошок термостойкого стекла вместе с люминофором можно использовать при изготовлении декоративных изделий (ламп, абажуров и т.п.), химической посуды, абразивных изделий, а также в качестве сырья или наполнителя в производстве изделий строительного назначения (стеклобетон, стекловата, стеклоткани, шлакоблоки, рубероид).

Предлагаемая технология может стать одним из вариантов решения проблемы комплексной безотходной переработки токсичных отходов.

1. Закон Украины "Про загальнодержавну програму поводження з токсичними відходами", № 1947-111 от 14.09.2000 г.

2. Федоров В.В. Производство люминесцентных ламп. – М.: Энергоиздат, 1981.

3. Михайлов В.К., Ющенко А.И. Разработка технологии демеркуризации люми-

несцентных ламп // Светотехника. – 1983. – № 2. – С. 18-19.

4. Федоров В.В. Люминесцентные лампы. – М.: Энергоатомиздат, 1992.

5. Картузов В.М., Шеманаев С.А. Опыт эксплуатации установки демеркуризации // Светотехника. – 1988. – № 7. – С. 20.

6. Коробов Н.А. Не всем ртуть до лампочки // Химия и жизнь: XXI век. – 1998. – № 9-10. – С. 44-45.

7. Химическая энциклопедия. Т.2. – М., 1990. – С. 1226.

Получено 12.07.2001

УДК 621.327.534

**В.Г.БРЕЗИНСКИЙ, Е.Д.ДЯКОВ, Ю.П.КРАВЧЕНКО**, кандидаты техн. наук  
*Харьковская государственная академия городского хозяйства*

### **ЕМКОСТИ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ТРУБЧАТЫХ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ЛАМП**

Рассматриваются конструктивные особенности емкостей для хранения и транспортирования трубчатых люминесцентных ламп, ограничивающих загрязнение ртутью окружающей среды.

Экологические проблемы, связанные с производством, эксплуатацией и утилизацией содержащих ртуть разрядных ламп [1], с течением времени не теряют своей актуальности. Прежде всего это относится к трубчатым люминесцентным лампам (ЛЛ), широкое распространение и специфика конструкции которых требуют особого внимания.

Относительно большая длина трубчатых ЛЛ в сочетании с хрупкостью стеклянной колбы предъявляют большие требования к их транспортированию и хранению. Это относится к лампам, пригодным для эксплуатации и к отслужившим свой срок. Экологический ущерб от разрушения колбы как первых, так и вторых практически равнозначный, хотя, естественно, разрушение пригодных для эксплуатации ламп влечет за собой еще и дополнительный материальный ущерб.

Требования, предъявляемые к конструкции емкостей, предназначенных для размещения в них трубчатых ЛЛ, в первую очередь диктуются необходимостью сохранности ламп в процессе их укладки, транспортирования и извлечения для установки в световых приборах или для переработки ламп, не пригодных для эксплуатации.

Для укладки в горизонтальном положении и извлечения по одной лампе подходит емкость, разделенная на секции шириной в одну лампу и длиной, соответствующей длине лампы [2]. Емкость снабжена наматываемым на вал как на ворот полотном (или двумя и более лентами). Один конец полотна закреплен на верхнем торце параллельной перегородкам стенки емкости. Второй его конец закреплен на валу, установленном на верхнем торце противоположной стенки. В исход-